

#3 ed  
6-13-02

10929 U.S. PTO  
10/073008  
02/12/02

389.41181X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): HARIYA, et al.  
Serial No.: Not yet assigned  
Filed: February 12, 2002  
Title: ANALYTICAL MODEL PREPARING METHOD AND ANALYTICAL  
MODEL PREPARING APPARATUS  
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

February 12, 2002

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2001-322979,  
filed October 22, 2001.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

  
\_\_\_\_\_  
Carl I. Brundidge  
Registration No. 29,621

CIB/alb  
Attachment  
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC929 U.S. PTO  
10/073008  
02/12/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年10月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-322979

[ST.10/C]:

[JP2001-322979]

出 願 人

Applicant(s):

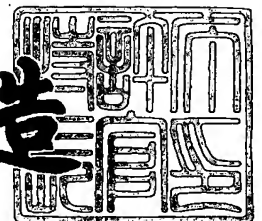
株式会社日立製作所



2002年 1月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3001851

【書類名】 特許願  
【整理番号】 PE28421  
【提出日】 平成13年10月22日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G06T 17/20

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地  
株式会社 日立製作所 機械研究所内  
【氏名】 針谷 昌幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区鹿島田 8 9 0 番地  
株式会社 日立製作所 産業システム事業部内  
【氏名】 廣 喜充

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区鹿島田 8 9 0 番地  
株式会社 日立製作所 産業システム事業部内  
【氏名】 山本 義行

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地  
株式会社 日立製作所 機械研究所内  
【氏名】 時末 裕充

【特許出願人】

【識別番号】 000005108  
【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100098017  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 吉岡 宏嗣

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 055181

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 解析モデル作成方法および解析モデル作成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 解析対象形状モデルを入力し、

前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合し、

照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成方法。

【請求項 2】 解析対象形状モデルを入力し、

前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合し、

照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成し、

作成された少なくとも 1 つの解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算し最適な解析モデルを選別するために表示する解析モデル作成方法。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の解析モデル作成方法において、

解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力し、解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値の計算方式を変更することを特徴とする解析モデル作成方法。

【請求項 4】 解析対象形状モデルを入力し、

前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとの近似度を計算し、

近似度に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成方法。

【請求項 5】 解析対象形状モデルを入力し、

前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとの近似度を計算し、

近似度に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成し、

作成された少なくとも 1 つの解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算し最適な解析モデルを選別するために表示する解析モデル作成方法。

【請求項 6】 請求項 3 に記載の解析モデル作成方法において、

解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力し、解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値の計算方式を変更することを特徴とする解析モデル作成方法。

【請求項 7】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも 1 つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、

照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項 8】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも 1 つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、

照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、

作成された少なくとも 1 つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の解析モデル作成装置において、

作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルと解析

モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることを特徴とする解析モデル作成装置。

【請求項 1 0】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも 1 つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、

照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、

作成された少なくとも 1 つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段と、

解析対象形状モデルとともに解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力するモデル入力手段と、

入力された解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値計算式を変更する手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 に記載の解析モデル作成装置において、

作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることを特徴とする解析モデル作成装置。

【請求項 1 2】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも 1 つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、

近似度に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項 1 3】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、

近似度に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、

作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項14】 請求項13に記載の解析モデル作成装置において、

作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることを特徴とする解析モデル作成装置。

【請求項15】 解析対象形状モデルを入力する手段と、

少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、

前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、

近似度に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、

作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段と、

解析対象形状モデルとともに解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力するモデル入力手段と、

入力された解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値計算式を変更する手段とからなる解析モデル作成装置。

【請求項16】 請求項15に記載の解析モデル作成装置において、



作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることを特徴とする解析モデル作成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、数値解析シミュレーションにより設計業務を合理化するC A E (Computer Aided Engineering)において、数値解析用メッシュに解析条件を付与した解析モデルを作成する解析モデル作成装置に係り、特に、類似形状の解析モデルをテンプレートとして利用し、解析対象形状モデルの解析モデルを効率よく作成する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

類似形状の解析モデルをテンプレートとして使用し、解析対象形状モデルの解析メッシュを生成する従来技術としては、次のような方法がある。

【0003】

特開2000-155859号公報は、ユーザがデータベースに予め登録されたテンプレートを対話的に指定し、前記テンプレートに登録されたメッシュ作成情報に基づき、解析対象形状モデルの解析メッシュを生成する解析モデル作成装置を示している。また、テンプレートのメッシュ作成情報を用いると、テンプレートに登録された解析メッシュと同等品質の解析メッシュを効率よく作成できると記載している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来のメッシュ生成技術を実装した解析モデル作成装置には、次のような課題があった。従来の解析モデル作成装置においては、ユーザが、テンプレートを対話的に指定する必要がある。例えば、データベースに複数の形状が登録されている場合、適切なテンプレートを選択する作業には、手間と時間がかかる。

【0005】

また、同じ解析対象形状モデルであっても、解析すべき物理現象(すなわち、応力強度特性、振動特性などの解析分野)によって、精度よく物理現象を再現できる解析メッシュの形状が異なる。

## 【 0 0 0 6 】

したがって、解析分野まで考慮に入れて適切なテンプレートを選択する必要がある。このテンプレートの選択には、解析の経験およびノウハウが必要なので、従来の解析モデル作成装置は、だれにでも容易に使いこなせ、解析メッシュを効率よく作成できるシステムではなかった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、解析モデル作成に際し、既作成の複数のテンプレートから適切なテンプレートを選択して提示しユーザのテンプレート選択作業を省力化する方法を備えた解析モデル作成方法および解析モデル作成装置を提供することである。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、解析対象形状モデルを入力し、前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合し、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成方法を提案する。

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、また、解析対象形状モデルを入力し、前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合し、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成し、作成された少なくとも1つの解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算し最適な解析モデルを選別するために表示する解析モデル作成方法を提案する。

## 【 0 0 1 0 】

上記解析モデル作成方法において、解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力し、解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値の計算方式を変更することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明は、さらに、解析対象形状モデルを入力し、前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算し、近似度に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成方法を提案する。

【 0 0 1 2 】

本発明は、解析対象形状モデルを入力し、前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算し、近似度に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成し、作成された少なくとも1つの解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算し最適な解析モデルを選別するために表示する解析モデル作成方法を提案する。

【 0 0 1 3 】

上記解析モデル作成方法において、解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力し、解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値の計算方式を変更することもできる。

【 0 0 1 4 】

本発明は、上記目的を達成するために、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

## 【 0 0 1 5 】

本発明は、また、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

## 【 0 0 1 6 】

上記解析モデル作成装置において、作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることができる。

## 【 0 0 1 7 】

本発明は、さらに、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合する手段と、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段と、解析対象形状モデルとともに解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力するモデル入力手段と、入力された解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値計算式を変更する手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

## 【 0 0 1 8 】

上記解析モデル作成装置において、作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示

し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えてもよい。

【 0 0 1 9 】

本発明は、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、近似度に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

【 0 0 2 0 】

本発明は、また、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、近似度に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

【 0 0 2 1 】

上記請求項13に記載の解析モデル作成装置において、作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることが可能である。

【 0 0 2 2 】

本発明は、さらに、解析対象形状モデルを入力する手段と、少なくとも1つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベースと、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも1つの既作成の形状モデルとの近似度を計算する近似度計算手段と、近似度に従

い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段と、作成された少なくとも1つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段と、解析対象形状モデルとともに解析計算の情報を示す解析モデル情報を入力するモデル入力手段と、入力された解析モデル情報に応じてメッシュ品質の評価値計算式を変更する手段とからなる解析モデル作成装置を提案する。

## 【0023】

上記解析モデル作成装置において、作成された解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルと解析モデルのメッシュ品質評価値とを画面に表示し利用する解析モデルをユーザに選択させる入出力装置を備えることができる。

## 【0024】

本発明においては、解析対象形状モデルを入力し、前記解析対象形状モデルと記憶装置に記憶されている少なくとも1つの既作成の形状モデルとを照合し、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対応付けて記憶装置に登録されている解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも1つの解析モデルを作成し、入力された解析対象形状モデルに対して、データベースに登録された複数のテンプレートから適切なテンプレートを選択してユーザに提示するので、テンプレート選択作業が省力化される。

## 【0025】

また、適切なテンプレートが提供されるので、精度よく解析可能なメッシュをさらに効率よく作成できるとともに、解析条件を付与する手数を削減できる。

## 【0026】

## 【発明の実施の形態】

次に、図1～図21を参照して、本発明による解析モデル作成装置の実施形態を説明する。以下の実施形態の説明において、テンプレートとは、解析モデル情報と、形状モデルと、前記形状モデルに対して作成した解析モデルとを対応付けて登録したデータである。解析モデル情報とは、モデル名称、モデル分類、解析分野など、解析計算の種類を特定するための情報である。解析モデルとは、解析

メッシュと、前記解析メッシュを作成するためのメッシュ作成条件(メッシュの種類、メッシュサイズ、メッシュパターン、粗密情報など)と、解析条件(材料条件、荷重条件、拘束条件)とを対応付けて登録したデータである。

#### 【0027】

##### 1. 本発明による解析モデル作成装置の概要

図1は、本発明による解析モデル作成装置の一実施形態の系統構成を示すブロック図である。本実施形態の解析モデル作成装置は、解析対象形状モデルや解析モデル情報を本装置に入出力するための入出力手段100と、少なくとも1つのテンプレートを登録できるテンプレートデータベース101と、解析対象形状モデルや解析モデル情報を本装置に登録するモデル入力手段102と、解析対象形状モデルとテンプレートに登録された形状モデルとの近似度を計算しディスプレイ100aに結果を出力する近似度計算手段103と、テンプレートを用いて解析対象形状モデルの解析モデルを作成する解析モデル作成手段104と、解析モデルを修正する解析モデル修正手段105と、少なくとも1つのメッシュ品質評価パラメータを登録できる評価パラメータデータベース107と、メッシュ評価パラメータに基づきメッシュ品質を評価するメッシュ評価手段106とで構成される。入出力手段100は、ディスプレイ100a、キーボード100b、マウス100cを含んでいる。

#### 【0028】

図2は、本発明の解析モデル作成装置による解析モデル作成の処理手順を示すフローチャートである。図中の太線で囲んだ処理は、対話処理を示す。また、処理の左側には、当該処理を実行する処理手段の名称を記載してある。

#### 【0029】

本実施形態の解析モデル作成装置は、ユーザに解析対象の形状モデルと解析モデル情報とを入力させ、解析モデル情報に応じて所望の解析モデルを効率よく生成できるような少なくとも1つのテンプレートを表示し、ユーザに所望のテンプレートを選択させ、選択された各テンプレートに登録された解析モデルの作成条件や解析条件に基づき解析対象形状モデルの解析モデルを作成し、ユーザに選択させ、解析モデルを作成する。このように候補となるテンプレートを表示する手

順によって、テンプレート選択の煩雑な手間を削減できる。また、テンプレートに登録された解析条件を継承すると、煩雑な解析条件入力の手間を削減できる。

#### 【0030】

### 2. 各構成手段の作用

本節では、図2の解析モデル作成処理手順に従い、各構成手段の作用について説明する。

#### 【0031】

### 2. 1 テンプレートデータベース101

テンプレートデータベース101は、少なくとも1つのテンプレートを登録できるデータベースである。

#### 【0032】

図3は、テンプレートのデータ構造の概念を示す図である。1つのテンプレートには、テンプレートデータベース101内で固有のテンプレート番号、解析対象のモデル名称、モデルの分類、解析分野など解析計算の情報を示す解析モデル情報と、解析対象の形状モデルと、形状モデルに対して作成した解析モデルとが対応付けて登録される。

#### 【0033】

形状モデルデータの表現として、ここでは境界表現を用いてある。境界表現では、形状モデルデータは、境界面のつながりを表す位相(トポロジ)データと、境界面の形状を表す幾何データ(ジオメトリ)とで表現される。また形状モデルを構成する立体、面、線分、点などの形状要素は、形状モデル内で固有の識別子として立体番号、面番号、線番号、点番号を持つ。

#### 【0034】

図4は、境界表現による形状モデルデータの構造(位相データ表現方法)の一例を示す図である。境界表現では、立体は、これに属する少なくとも1つの連続した境界面番号の集合を所有し、面は、これに属する少なくとも1つの線分番号群を所有し、線分は、その始点および終点の点番号を所有するというデータ構造をとる。また、点は、その幾何データとして3次元座標値を持つ。線や面の幾何データの表現方法には、様々な種類があり、どれを用いてもよい。ここでは、3次



元CADなどでの形状表現に広く用いられているNURBS関数を用いる。NURBSによる $K \times L$ 次の面の定義関数は、数式(1)で表される。

【0035】

【数1】

$$\left\{ \begin{array}{l} S_x(u,v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij} P_{xij}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij}} \\ S_y(u,v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij} P_{yij}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij}} \\ S_z(u,v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij} P_{zij}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,K}(u) M_{j,L}(v) w_{ij}} \end{array} \right.$$

数式(1)において、制御点の数は、 $(n+1) \times (m+1)$ であり、 $N_{i,K}(u)$ 、 $M_{j,L}(v)$ は、 $u, v$ パラメータ方向の基底関数であり、 $w_{ij}$ は、各制御点の重みである。またノットベクトルは、 $[x_0 x_1 \cdots x_p] [y_0 y_1 \cdots y_q]$ であり、 $p = n + K + 1$ 、 $q = m + L + 1$ である。

【0036】

解析モデルデータとしては、解析メッシュデータおよび前記解析メッシュを作成するためのメッシュ作成条件、解析条件を対応付けて登録したデータが登録される。

【0037】

図5は、解析メッシュデータのうち節点データおよび要素データの例を示す図である。解析メッシュデータとしては、図5に示すように、節点データ(総節点数、節点座標値)、要素データ(総要素数、要素を構成する節点の数、節点の番号)が登録される。

【0038】

メッシュ作成条件としては、四面体や六面体など要素のタイプ、要素の大きさ

を表す要素サイズ、粗密情報、分割数、割り当て方向など、メッシュの形状やメッシュ数を規定する情報が登録される。メッシュの形状やメッシュ数は、解析精度や解析時間などに大きな影響を与えるため、計算効率と精度に優れた解析モデルを作成するには、適切なメッシュ作成条件が必要となる。これらメッシュ形状を規定する情報は、形状モデルを構成する頂点、稜線、面、立体に対する属性値として定義される。

## 【 0 0 3 9 】

図 6 は、要素タイプ、要素サイズのデータ構造を示す図である。形状要素の番号、形状要素の種類、要素タイプ、要素サイズが登録される。

## 【 0 0 4 0 】

図 7 は、粗密情報のデータ構造の一例およびそのデータに基づき構造四面体メッシュを作成した例を示す図である。図 7 ( a ) は、粗密情報のデータ構造の一例を示す図である。形状要素の番号、形状要素の種類、ローカル要素サイズ、要素サイズ変化率を対応付けて登録する。粗密情報を設定した形状要素に対しては、局所的に指定したローカル要素サイズのメッシュが生成され、そこを基準に設定した要素サイズ変化率に従って要素サイズを基本情報の要素サイズまで滑らかに変化させたメッシュを生成できる。ユーザは、粗密情報を対話的に設定することにより、解析問題上重要な部分のみのメッシュを細かくできるので、メッシュ数の増加すなわち解析計算時間の増加を極力少なくして、解の精度を局所的に高めることができる。図 7 ( b ) は、全体を要素サイズ 2 . 0 として、図 7 ( a ) に示した粗密情報に基づき四面体メッシュを作成した例である。

## 【 0 0 4 1 】

図 8 は、分割数情報のデータ構造の一例を示す図である。線番号に対して分割数を対応付けて登録する。ユーザは、入出力装置 1 0 0 を用いて、対話的に解析対象の形状モデルの稜線を指定し、これに対する分割数を入力して生成するメッシュの数や形状を調整できる。

## 【 0 0 4 2 】

図 9 は、割り当て方向情報のデータ構造の一例を示す図である。割り当て方向は、写像法による六面体メッシュ生成時に作成される中間モデル(写像モデル)の

形状を規定する。

【0043】

図10は、写像法による六面体メッシュ生成方法を説明する図である。写像法による六面体メッシュ生成方法は、特開平1-311373号公報にも記載されている。

【0044】

写像法によるメッシュ生成法では、入力された形状モデル1001から、形状モデルの稜線長、稜線間角度などの形状の幾何パラメータに基づき、形状モデルを構成する各稜線を座標軸に対し平行に配置した後、立方格子に分割した写像モデル1002を生成する。最後にBoundary-fit法を用いて、写像モデル1002の格子点を形状モデル1001に写像して、六面体メッシュ1003を生成する。写像モデルの形状は、稜線の配置された方向(割り当て方向)と稜線の分割数によって規定され、稜線の割り当て方向は、生成されるメッシュパターンを決定し、稜線の分割数は、メッシュの粗密を決定する。したがって、ユーザは、自動決定された稜線の割り当て方向や稜線の分割数を対話的に変更し、生成するメッシュの形状を制御できる。

【0045】

解析条件としては、材料条件、荷重条件、拘束条件、幾何条件など解析計算を実行する際の物理的な条件を登録する。これら解析条件も、形状モデルを構成する頂点、稜線、面、立体に対する属性値として定義され、解析メッシュ作成後に形状とメッシュとの対応関係に基づき、メッシュの属性に変換される。

【0046】

図11は、荷重条件の変換例を示す図である。立体1101にハッチングで示す面番号1の面1102に、荷重11003を付与し、六面体メッシュ1104を生成した。ここでは、面1102に付与された荷重11003が、六面体メッシュ1104において面番号1の面上に位置する要素面1105に対して荷重条件が付与されるよう変換される。

【0047】

テンプレートには、解析対象のモデルや解析分野に応じて適切な形状のメッ

ュを作成できるように、メッシュ分割条件、解析条件が登録されている。これらの条件は、全て形状モデルを構成する形状要素の属性として定義される。したがって、解析対象形状モデルとテンプレートに登録された形状モデルの形状要素とを適切に関連付け、関連付けられたテンプレートの形状要素の属性を解析対象形状モデルの形状要素に複写すれば、解析対象形状モデルに対して、テンプレートに登録された解析モデルと同様な品質のよい解析モデルを効率よく生成できる。

## 【 0 0 4 8 】

## 2. 2 モデル入力手段 1 0 2

モデル入力手段 1 0 2 は、解析計算の種類を特定するために、解析対象形状モデル、モデル名称、モデル分類、解析分野などの解析モデル情報の入力をユーザに促す。これに応じて、ユーザは、入出力装置 1 0 0 から解析対象の形状モデルや解析モデル情報を入力する。

## 【 0 0 4 9 】

図 1 2 は、解析モデル登録手段 1 0 2 が表示する解析条件入力ウインドの一例を示す図である。解析条件入力ウインドには、例えば製品形式を示す形状モデル名称入力欄 1 2 0 1 と、モデル分類入力欄 1 2 0 2 と、解析分野入力欄 1 2 0 3 と、本装置での解析モデル作成を開始するための P R E V I E W ボタン 1 2 0 4 および E X E C U T E ボタン 1 2 0 5 と、近似度しきい値入力欄 1 2 0 6 とがある。

## 【 0 0 5 0 】

P R E V I E W ボタン 1 2 0 4 が操作されると、モデルの近似度を計算した時点で処理を一時中断し、テンプレートに登録されたモデルおよび近似度をディスプレイ 1 0 0 a に表示する。E X E C U T E ボタン 1 2 0 5 が操作されると、近似度計算後に、近似度しきい値入力欄 1 2 0 6 に入力されたしきい値以上の近時度を有するテンプレートについて、続けて解析モデルを作成し、メッシュ品質を評価する。モデル名称、モデル分類、解析分野の入力は、各項目単位で省略することも可能である。

## 【 0 0 5 1 】

## 2. 3 近似度計算手段 1 0 3

図 1 3 は、解析対象の形状モデルと各テンプレートに登録された形状モデルとの近似度を計算する場合の表示例を示す図である。

【 0 0 5 2 】

近似度計算手段 1 0 3 は、解析対象の形状モデルと各テンプレートに登録された形状モデルとの近似度を計算する。近似度は、解析対象形状モデルの解析モデル作成時に、各テンプレートの適用可否の度合いを表す数値であり、解析対象形状モデルを構成する形状要素がテンプレートに登録された形状要素と関連付けられる割合で表せる。

【 0 0 5 3 】

【数 2】

$$\text{近似度} = \frac{\text{テンプレートと関連付けられた形状要素の数}}{\text{解析対象形状モデルを構成する形状要素の数}}$$

近似度は、0 から 1 の実数値であり、近似度が大きいテンプレートであるほど解析対象形状モデルの解析モデル作成に効果的であるといえる。

【 0 0 5 4 】

解析対象形状モデルとテンプレートに登録された形状モデルの形状要素との関連付け方法について説明する。関連付けは、以下の三つの方法で実行し、その中から最大の値をテンプレートの近似度とする。

【 0 0 5 5 】

方法 1 : テンプレートと解析対象形状モデルのモデル名称とが等しい場合は、形状要素が持つ固有の識別子を用いて形状要素を関連付ける。すなわち、解析対象の形状モデルとテンプレートの形状モデルとにおいて、同一識別子を持つ形状要素を関連付ける。この方法 1 は、形状モデルの寸法をパラメトリックに変更して新たな形状モデルを作成した場合には、変更の前後において形状要素の識別子が不変であるという特徴を利用する。

【 0 0 5 6 】

方法 2 : テンプレートと解析対象形状モデルとの位相情報を用いて形状要素を関連付ける。両形状モデルの位相が等しい場合には、位相的に対応する形状要素

を関連付ける。

【 0 0 5 7 】

方法 3 : テンプレートと解析対象形状モデルとの座標値を用いて形状要素を関連付ける。両モデルにおいて、座標値が等しい頂点、始点、終点の座標値がそれぞれ等しい稜線、面を構成する全ての頂点の座標値が等しい面をそれぞれ関連付ける。

【 0 0 5 8 】

なお、近似度計算対象のテンプレートは、モデル入力手段でモデル分類に値が入力されている場合には、同じモデル分類を持つテンプレートのみとし、モデル分類が入力されていない場合には、全てのテンプレートについて計算を実行することにする。モデル入力手段でモデル分類を入力しておく、モデル分類から類似度の高いテンプレートを推定し、近似度計算対象のテンプレートを限定できるので、計算を効率よく実行できる。

【 0 0 5 9 】

ユーザがモデル入力手段で P R E V I E W ボタンを選択した場合には、例えば図 1 3 のように、近似度計算手段は、近似度計算終了後にテンプレート 1 3 0 2 と近似度 1 3 0 3 を解析対象形状モデル 1 3 0 1 とともに、表示画面 1 0 0 a に近似度の大きい順に表示する。この際、両形状モデル形状モデルにおいて関連付けられた形状要素を同色で表示する、また関連付けられなかった形状要素をハイライト表示するなどすると、ユーザは、近似度計算の結果を把握しやすい。

【 0 0 6 0 】

図 1 3 は、解析対象形状モデル 1 3 0 1 において関連付けられなかった形状要素を太線で表示した例を示す図である。ユーザは、表示されたテンプレートを解析モデル作成に用いる場合には、ユーザは、入力装置を用いて使用ボタン 1 3 0 4 をチェックし、テンプレートを用いない場合には、チェックのない状態にする。また本画面において前モデルボタン 1 3 0 6、次モデルボタン 1 3 0 7 を選択すると、画面上に表示されている解析モデルの上位近似度モデル、下位近似度モデルを画面表示する。また解析モデル作成ボタン 1 3 0 5 を選択すると、次のステップである解析モデル作成に移行する。

## 【 0 0 6 1 】

## 2. 4 解析モデル作成手段 1 0 4

解析モデル作成手段 1 0 4 は、テンプレートに登録された解析モデルのうちメッシュ作成条件、解析条件を活用して、解析対象形状モデルに対応する解析モデルを作成する。モデル入力手段 1 0 2 で P R E V I E W を選択した場合には、近似度計算手段でチェックを加えたテンプレートのみを、E X E C U T E を選択した場合には、近似度しきい値を超える近似度を有するテンプレートのみを用いて解析対象形状モデルの解析モデルを作成する。すなわち解析モデル作成手段 1 0 4 は、1 つの解析対象形状モデルに対して、使用するテンプレートの数と同じ種類の解析モデルを作成する。

## 【 0 0 6 2 】

図 1 4 は、解析モデル作成手段 1 0 4 の解析モデル作成の処理手順を示すフローチャートである。

## 【 0 0 6 3 】

step 1 4 0 1 テンプレートに登録された形状モデルと解析対象形状モデルを構成する形状要素とを関連付ける。形状要素の関連付けは、近似度計算手段での処理と同様である。

## 【 0 0 6 4 】

step 1 4 0 2 解析対象形状モデルの形状要素のうち、テンプレート形状モデルの形状要素と関連付けられているものに関して、テンプレートに登録されたメッシュ作成条件を解析対象形状モデルに複写する。例えば、解析対象形状モデルの稜線番号 1 番の稜線が、テンプレートの稜線番号 3 の稜線に関連付けられており、テンプレートの前記稜線の属性として分割数 7，割り当て方向 + y が登録されている場合、解析対象形状モデルを構成する稜線番号 1 の稜線の属性として、分割数 7，割り当て方向 + y を登録する。

## 【 0 0 6 5 】

step 1 4 0 3 メッシュ作成条件と同様に、解析条件を複写する。

## 【 0 0 6 6 】

step 1 4 0 4 作成するメッシュの要素タイプをチェックする。四面体や四角

形などのメッシュは、ほとんどの形状モデルに対して自動でメッシュを作成できるのに対し、六面体メッシュは、解析対象の形状によっては自動でメッシュを作成できない場合があるためである。

## 【 0 0 6 7 】

step 1 4 0 5 作成する要素タイプが六面体の場合、解析対象形状モデルの全稜線がテンプレートの形状要素と関連付けられているか否かを確認する。全稜線が関連付けられている場合は、解析対象形状モデルの写像モデルは、テンプレートモデルと同一形状となるため、テンプレートモデルを用いて六面体メッシュを生成する。

## 【 0 0 6 8 】

step 1 4 0 6 関連付けられていない稜線が存在する場合には、稜線の始点および終点の座標値から割り当て方向を決定する。始点から終点に向かうベクトルの  $x$ ,  $y$ ,  $z$  の各成分を求め、絶対値が最大の軸方向を稜線の割り当て軸方向とし、割り当て軸方向のベクトル成分の正負を確認する。成分が正の場合には、割り当て軸方向の正方向をその稜線の割り当て方向とし、成分が負の場合には、割り当て軸方向の負方向を割り当て方向とする。例えば、始点から終点に向かうベクトルが  $(x, y, z) = (0.2, -0.8, 0.2)$  の場合、割り当て軸方向は  $y$  方向であり、 $y$  方向の成分が負であるため、割り当て方向は  $-y$  となる。

## 【 0 0 6 9 】

step 1 4 0 7 割り当て方向を確認し、写像モデル作成の可否を確認する。稜線の配置方向の組み合わせが、

[条件 1] ループを構成する稜線の配置方向をたどると始終点が一致する

[条件 2] ループ内でいずれの隣接する 2 稜線も同軸逆方向でない

という写像モデルが成り立つためのルールを満足するか否かを確認する。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 5 は、割り当て方向を確認し、写像モデル作成の可否を確認する例を示す図である。

## 【 0 0 7 1 】

条件 1, 条件 2 の成立, 不成立の例を図 1 5 の (a) から (d) に示す。



## 【 0 0 7 2 】

ルールを満足するときには、稜線の配置方向に基づいて面の配置方向を決定する。面の配置方向は、ループを構成する 2 稜線の外積の方向で与えられる。全ての面の配置方向を決定した後、面の配置方向の組み合わせが、

[条件 3] 立体内に 3 座標軸正負方向それぞれに配置された面が少なくとも 1 つ存在する

[条件 4] 立体内でいずれの隣接する 2 面も同軸逆方向でない

という写像モデルが成り立つためのルールを満足するか否かを確認する。

## 【 0 0 7 3 】

条件 3, 条件 4 の成立, 不成立の例を図 1 5 の (e) から (h) に示す。

## 【 0 0 7 4 】

step 1 4 0 8 写像モデルを作成可能な場合には、step 1 4 0 9 に向かう。作成不可の場合には、処理を終了する。ここでは、写像モデル作成不可の場合は、処理終了とするが、特開平 1 - 3 1 1 3 7 3 号公報にも記載されているように、メンバシップ関数を用いて割り当て方向を修正し、割り当て方向を繰り返しチェックしてもよい。

## 【 0 0 7 5 】

step 1 4 0 9 写像モデルを作成可能な場合には、形状の稜線間のつながりを保つように分割数を決定し、写像モデルを完成させる。

## 【 0 0 7 6 】

step 1 4 1 0 写像法によるメッシュ生成方法に従い、写像モデルの格子点を Boundary-fit 法により形状モデルに写像し、六面体メッシュを作成する。

## 【 0 0 7 7 】

step 1 4 1 1 四面体、四辺形など作成する要素対応に応じた自動メッシュ作成プログラムにより解析メッシュを作成する。

## 【 0 0 7 8 】

step 1 4 1 2 解析対象形状モデルに設定されている解析条件を解析メッシュの属性に変換する。

## 【 0 0 7 9 】

上記手順によれば、解析対象形状モデルにおいてテンプレート形状モデルと関連付けられた形状要素に関しては、テンプレートに登録されたメッシュ作成情報および解析モデル情報が継承されるので、テンプレートに近い品質のメッシュおよび近い解析条件を有する解析モデルを自動生成できる。

## 【 0 0 8 0 】

## 2. 5 解析モデル修正手段 1 0 5

図 1 6 は、解析モデル修正手段 1 0 5 の出力画面の一例を示す図である。テンプレート 1 6 0 2 と前記テンプレートを用いて作成された解析モデル 1 6 0 1 とを画面上に表示し、ユーザに解析モデルの修正を促す。

## 【 0 0 8 1 】

修正する必要がある場合は、ユーザは、メッシュ作成条件変更ボタン 1 6 0 3 や解析条件変更ボタン 1 6 0 4 を選択した後に、解析モデル 1 6 0 1 の形状要素をマウス 1 0 0 c のポインタ 1 6 0 5 で指定し、メッシュ作成条件や解析条件を追加または削除できる。

## 【 0 0 8 2 】

メッシュ作成条件変更において、稜線の割り当て方向を変更した場合には、解析モデル作成手段 1 0 4 において表記した step 1 4 0 7 以降の処理を実行し、写像モデルが生成可能な場合には、写像モデルを完成させ、六面体メッシュを生成する。

## 【 0 0 8 3 】

他のメッシュ作成条件を変更した場合には、作成する要素のタイプに応じて step 1 4 1 0 または step 1 4 1 1 以降の処理を実行し、メッシュを再度作成する。

解析条件を変更した場合には、step 1 4 1 2 の処理を再度実行する。

## 【 0 0 8 4 】

図 1 6 の画面において、前モデルボタン 1 6 0 7、次モデルボタン 1 6 0 8 を選択すると、画面上に表示されている解析モデルの上位近似度モデル、下位近似度モデルを画面に表示する。

## 【 0 0 8 5 】

メッシュ品質評価ボタン 1 6 0 6 を選択すると、解析モデルの修正を終了し、

次のステップであるメッシュ品質評価に移行する。

【0086】

## 2. 6 メッシュ品質評価手段106

メッシュ品質評価手段106は、解析モデル作成手段105が作成した複数の解析モデルに登録されたメッシュの品質を評価する。ここで、メッシュ品質の評価方法について説明する。

【0087】

メッシュ品質評価手段106は、モデル入力手段102で入力されたモデル分野、解析分野に基づき、評価パラメータデータベース107に登録された少なくとも1つのメッシュ品質評価パラメータから1つの評価パラメータを選択し、解析モデルのメッシュ品質を計算する。

【0088】

メッシュ品質のチェック項目としては、例えば、ディストーション値、ストレッチ値、要素辺角度、要素面反りなどがある。ディストーション値は、要素の歪みを評価する数値であり、0.0～1.0の間の値をとり、値が大きいほど形状歪みの少ない要素である。ストレッチ値は、要素の伸びを評価する数値であり、0.0～1.0の間の値をとり、値が大きいほど伸びの少ない要素である。要素辺角度は、要素を構成する要素辺間のなす角度の最大値であり、値が小さいほど歪みの少ない要素である。要素面反りは、要素の各要素面における二つの三角形における法線ベクトルのなす角度の最大値であり、値が小さいほど歪みの少ない要素である。

【0089】

メッシュ品質の評価とは、上記各チェック項目に対してしきい値を設け、しきい値を上回る品質の要素の数が全要素数に占める割合を求めることであり、メッシュ品質が良いほど評価値が高くなる。したがって、メッシュ品質の評価値を $W$ ，解析メッシュを構成する要素の数を $N$ ，要素番号 $i$ のディストーション値を $ds_i(i)$ ，ストレッチ値を $str(i)$ ，要素辺角度を $ang(i)$ ，要素面反りを $wrp(i)$ ，ディストーション値のしきい値を $D_{th}$ ，ストレッチ値のしきい値を $S_{th}$ ，要素辺角度のしきい値を $A_{th}$ ，要素面反りのしきい値を $W_{th}$ ，関数 $f(x)$ を $x$ が真のときに

1, 偽のときに0を返す関数とすると、評価式は、数式(3)で定義できる。

【0090】

【数3】

$$W = \sum_{i=1}^N f(dis(i) \geq Dth) \times f(str(i) \geq Sth) \times f(ang(i) \leq Ath) \times f(wrp(i) \leq With) / N$$

図17は、評価パラメータデータベース107のデータ構造の一例を示す図である。解析モデルに要求されるメッシュ品質は、解析分野、解析対象モデルによって異なる。そこで、評価パラメータデータベース107は、図17に示すように、解析分野、モデル分類に応じて、各チェック項目のしきい値を登録したデータ構造を持つ。図17にNO\_USEの記載がある項目は、チェック対象外であることを意味し、その項目は、上記評価式の項目から除外される。

【0091】

評価パラメータデータベース107に、モデル分類、解析分野ともに合致する条件がない場合は、解析分野が合致しモデル分野にデフォルトが記載されている条件を選択し、画面上に「モデル分野が合致する条件無し。デフォルト値を使用。」というメッセージを表示する。

【0092】

前記二つの手順で条件が選択されない場合には、解析分野、モデル分類ともにデフォルトが記載されている条件を選択し、画面上に「解析分野、モデル分類が合致する条件無し。デフォルト値を使用。」というメッセージを表示する。

【0093】

評価パラメータが、図17に示す表形式で画面上に表示されると、ユーザは、評価パラメータを変更、追加、削除できる。

【0094】

なお、ここでは、しきい値を上回る要素の数が全要素数に占める割合をメッシュ評価値としたが、しきい値を下回る要素の数をメッシュ評価値としてもよい。この場合、評価値が小さいほど、品質が良いメッシュといえる。

【0095】

また、しきい値を下回る要素が互いに面で接する場合、それらの要素をグルー

プとして扱い、しきい値を下回る要素グループの数をメッシュ評価値としてもよい。この場合も、評価値が小さいほど、品質が良いメッシュといえる。この際、要素グループ毎に画面上に色を変えて要素を表示すると、ユーザは、要素品質の悪い部分を確認しやすい。

#### 【0096】

図18は、メッシュ品質評価結果の表示画面の一例を示す図である。メッシュ品質評価手段は、メッシュ品質の評価値計算が終了したら、解析モデル1801、メッシュ品質評価値1802、評価順位1803、要素数1804、節点数1805を表示画面100aに表示する。この際、メッシュ品質評価値が高い順に解析モデルを表示し、メッシュ品質評価値が等しい場合には節点数の少ない順に解析モデルを表示すると、適切な解析モデルを効率よく選択できる。

#### 【0097】

この画面で、ユーザにより解析モデル決定ボタン1806が選択されると、画面上に表示されている解析モデルをファイルに出力するとともに、モデル入力手段102から入力された解析モデル情報と解析対象形状モデルと解析モデルとを対応付けて、テンプレートデータベース101に登録する。

#### 【0098】

前モデルボタン1807、次モデルボタン1808を選択すると、画面上に表示されている解析モデルの上位評価モデル、下位評価モデルを画面に表示する。

#### 【0099】

### 3. 本解析モデル作成装置による解析モデル作成例

本解析モデル作成装置による解析モデル作成例を示す。

#### 【0100】

図19は、解析対象形状モデルの解析モデル情報を入力するための画面の一例を示す図である。ここでは、図19に示す軸カバーモデル1901のメッシュを作成する。

#### 【0101】

初めに、ユーザは、図19の解析モデル情報入力ウインドウ1902に解析対象形状モデルの解析モデル情報を入力する。本モデルの名称はCOV001、モ

デル分類は軸カバー、解析分野は応力解析である。

【 0 1 0 2 】

続いて、ユーザは、PREVIEWボタンを選択して、解析モデルの作成を開始する。これに応じて、解析モデル作成装置は、解析対象形状モデルとテンプレートデータベースに登録されたテンプレートとの近似度を計算する。

【 0 1 0 3 】

図 2 0 は、テンプレートデータベースの登録内容の例を示す図である。なお、図 2 0 においては、要素タイプ以外のメッシュ作成条件および解析条件に関する記載は、図示を省略してある。ここで、テンプレートデータベースには、例えば、4 つのモデルが登録されているとする。

【 0 1 0 4 】

解析対象形状モデルのモデル分野は、軸カバーであるから、テンプレートデータベースに登録されているテンプレートのうち、モデル分類が軸カバーである番号 2 と 3 のテンプレートについてのみ、近似度を計算する。

【 0 1 0 5 】

入力した解析対象形状モデル 1 9 0 1 は、テンプレートデータベースの番号 2 および 3 の奥行き方向の穴径をパラメトリックに変更して作成した形状モデルである。したがって、両モデルとも解析対象形状モデルとモデル名称が一致するので、形状要素が持つ固有の識別子を用いて形状要素を関連付ける。

【 0 1 0 6 】

関連付けの結果、両テンプレートとも近似度は、1.0 となる。近似度計算が終了したら、図 1 3 に示すような画面形式で、ユーザに結果を表示する。ユーザは、画面上で選択されたテンプレートの形状を確認し、テンプレートとして利用するか否かを判断し、画面上にチェックをつける。ここでは、番号 2 と 3 両方のテンプレートを利用するため、ユーザは、両テンプレートにチェックマークをつけた後、解析モデル作成ボタンを選択する。

【 0 1 0 7 】

これに応じて、解析モデル作成装置は、各テンプレートモデルを利用して、図 1 4 のフローチャートに従い、解析モデルを作成する。ここでは、両テンプレ-

トにおいて、要素タイプは、六面体であり、全ての稜線が関連付けられているため、六面体メッシュが自動生成できる。

#### 【0108】

続いて、解析モデル作成装置は、作成した各解析モデルのメッシュの品質を評価する。メッシュ品質評価のパラメータとしては、図17に示す評価パラメータデータベースを解析分野=応力解析、モデル分野=軸カバーで検索すると、ディストーションしきい値が0.3、要素辺角度しきい値が150.0、他のチェック項目は、未使用と決定できる。

#### 【0109】

このパラメータを用いてメッシュ品質を評価すると、テンプレート番号2に基づき作成した解析モデルの評価値は、1.00であり、テンプレート番号3に基づき作成した解析モデルの評価値は、0.99となる。

#### 【0110】

最後に、解析モデル作成装置は、評価値順に作成された解析モデルを画面に表示し、ユーザに解析モデルの選択を促す。

#### 【0111】

図21は、ユーザに提示されるメッシュ品質表示画面の初期状態を示す図である。評価値の高いテンプレート番号2に基づき作成した解析モデルと評価値、要素数、節点数などの情報とが表示される。ユーザは、初期状態で表示される最も評価値の高い解析モデルを選択してもよいし、次モデルボタンを選択し、他の解析モデルを確認した後、解析モデルを選択することもできる。

#### 【0112】

なお、ここでは、PREVIEWボタンを選択して、解析モデルの作成を開始した例について説明したが、EXECUTEボタンを選択すれば、近似度計算終了後のテンプレート選択作業を省略して、同様の解析モデルが得られる。

#### 【0113】

このように、テンプレートデータベースに登録された複数のテンプレートに基づいて解析モデルを作成し、作成した解析モデルのメッシュ品質を評価し、解析モデルとメッシュ品質評価値とを画面に出力し、利用する解析モデルをユーザに

選択させると、精度の良い解析を実行するための解析モデルを効率よく作成できる。

【発明の効果】

本発明によれば、入力された解析対象形状モデルに対して、データベースに登録された複数のテンプレートから適切なテンプレートを選択してユーザに提示するので、テンプレート選択作業が省力化される。

【0114】

また、適切なテンプレートが提供されるので、精度よく解析可能なメッシュをさらに効率よく作成できるとともに、解析条件を付与する手数を削減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による解析モデル作成装置の一実施形態の系統構成を示すブロック図である。

【図2】

本発明の解析モデル作成装置による解析モデル作成の処理手順を示すフローチャートである。

【図3】

テンプレートのデータ構造の概念を示す図である。

【図4】

境界表現による形状モデルデータの構造(位相データ表現方法)の一例を示す図である。

【図5】

解析メッシュデータのうち節点データおよび要素データの例を示す図である。

【図6】

要素タイプ、要素サイズのデータ構造を示す図である。

【図7】

粗密情報のデータ構造の一例およびそのデータに基づき構造四面体メッシュを作成した例を示す図である。

【図8】



分割数情報のデータ構造の一例を示す図である。

【図 9】

割り当て方向情報のデータ構造の一例を示す図である。

【図 1 0】

写像法による六面体メッシュ生成方法を説明する図である。

【図 1 1】

荷重条件の変換例を示す図である。

【図 1 2】

解析モデル登録手段 1 0 2 が表示する解析条件入力ウインドウの一例を示す図である。

【図 1 3】

近似度計算手段 1 0 3 が解析対象の形状モデルと各テンプレートに登録された形状モデルとの近似度を計算する場合の表示画面の一例を示す図である。

【図 1 4】

解析モデル作成手段 1 0 4 の解析モデル作成の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 5】

割り当て方向を確認し、写像モデル作成の可否を確認する例を示す図である。

【図 1 6】

解析モデル修正手段 1 0 5 の出力画面の一例を示す図である。

【図 1 7】

評価パラメータデータベース 1 0 7 のデータ構造の一例を示す図である。

【図 1 8】

メッシュ品質評価手段 1 0 6 のメッシュ品質評価結果の表示画面の一例を示す図である。

【図 1 9】

解析対象形状モデルの解析モデル情報を入力するための画面の一例を示す図である。

【図 2 0】

テンプレートデータベースの登録内容の例を示す図である。

【図 2 1】

ユーザに提示されるメッシュ品質表示画面の初期状態を示す図である。

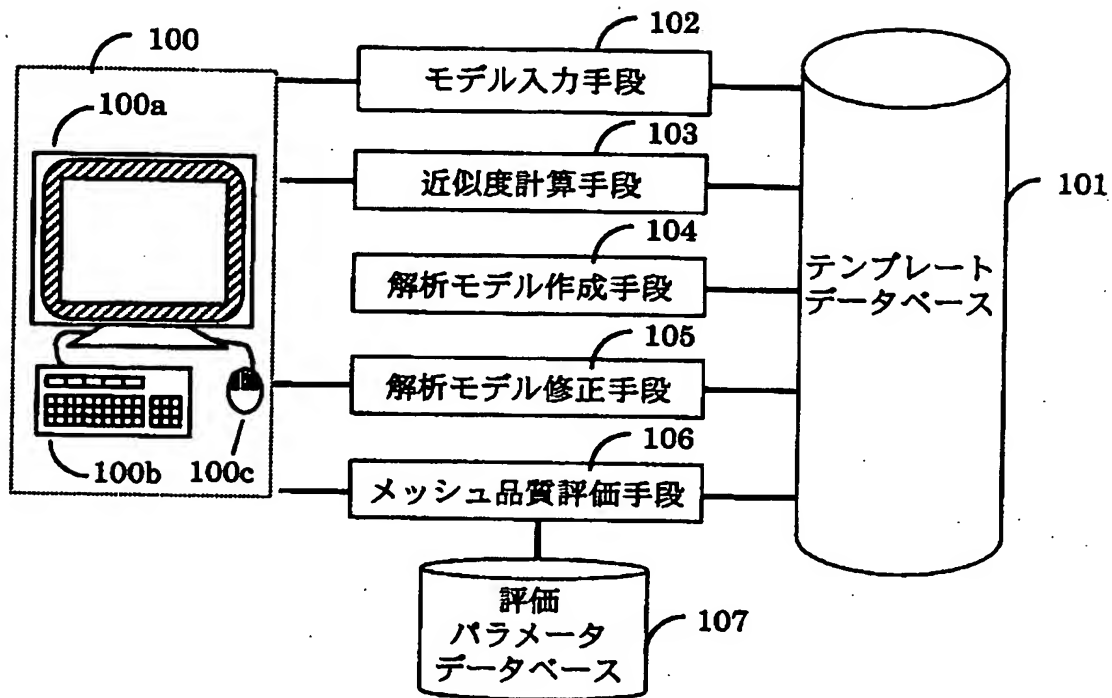
【符号の説明】

- 1 0 0 入出力手段
- 1 0 0 a ディスプレイ
- 1 0 0 b キーボード
- 1 0 0 c マウス
- 1 0 1 テンプレートデータベース
- 1 0 2 モデル入力手段
- 1 0 3 近似度計算手段
- 1 0 4 解析モデル作成手段
- 1 0 5 解析モデル修正手段
- 1 0 6 メッシュ品質評価手段
- 1 0 7 評価パラメータデータベース
- 1 0 0 1 形状モデル
- 1 0 0 2 写像モデル
- 1 0 0 3 六面体メッシュ
- 1 1 0 1 立体
- 1 1 0 2 面番号 1 の面
- 1 1 0 3 荷重
- 1 1 0 4 六面体メッシュ
- 1 1 0 5 要素面
- 1 2 0 1 形状モデル名称入力欄
- 1 2 0 2 モデル分類入力欄
- 1 2 0 3 解析分野入力欄
- 1 2 0 4 P R E V I E W ボタン
- 1 2 0 5 E X E C U T E ボタン
- 1 2 0 6 近似度しきい値入力欄

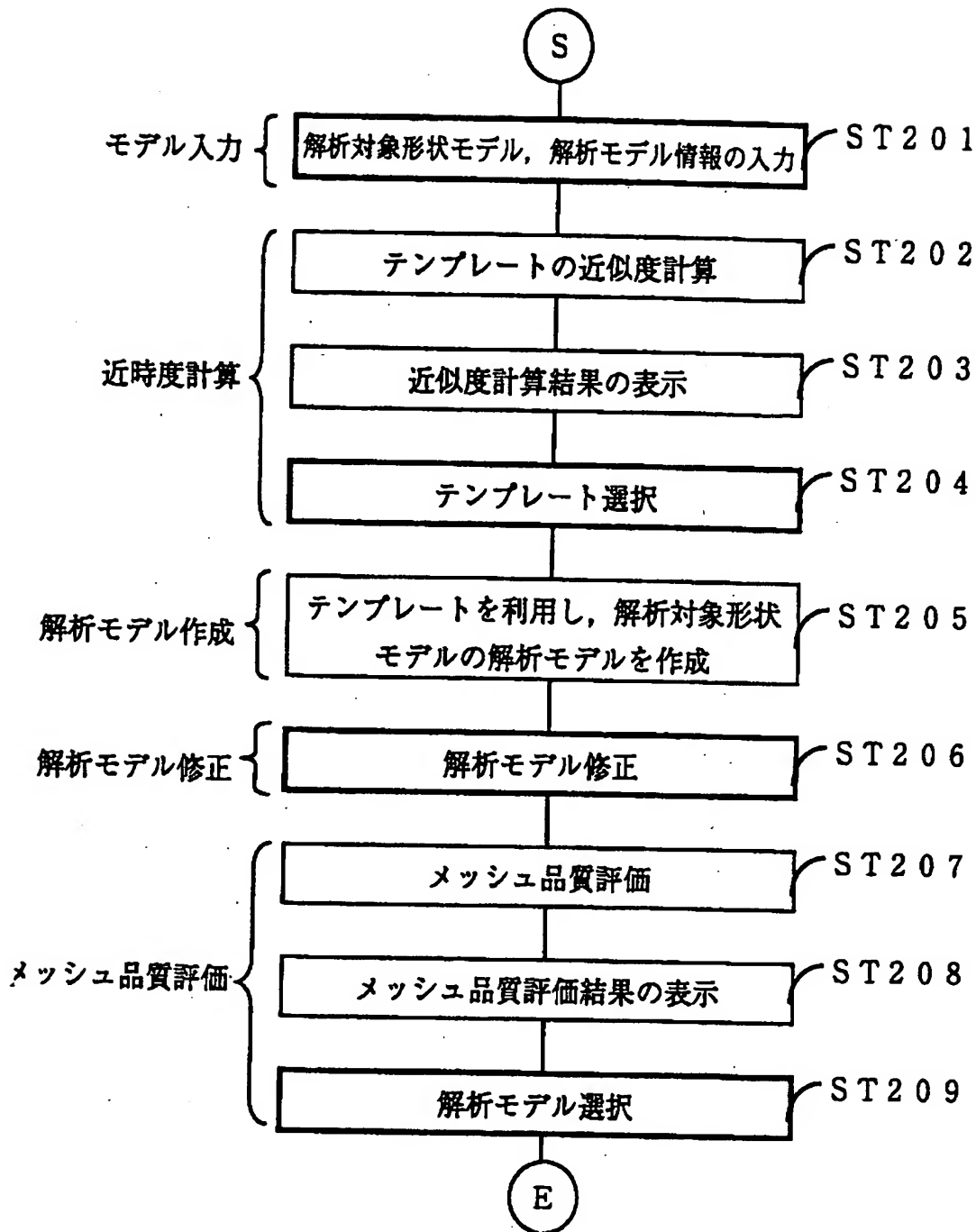
- 1301 解析対象形状モデル
- 1302 テンプレート
- 1303 近似度
- 1304 使用ボタン
- 1305 解析モデル作成ボタン
- 1306 前モデルボタン
- 1307 次モデルボタン
- 1601 解析モデル
- 1602 テンプレート
- 1603 メッシュ作成条件変更ボタン
- 1604 解析条件変更ボタン
- 1605 マウスポインタ
- 1606 メッシュ品質評価ボタン
- 1607 前モデルボタン
- 1608 次モデルボタン
- 1801 解析モデル
- 1802 メッシュ品質評価値
- 1803 評価順位
- 1804 要素数
- 1805 節点数
- 1806 解析モデル決定ボタン
- 1807 前モデルボタン
- 1808 次モデルボタン
- 1901 軸カパーモデル
- 1902 解析モデル情報入力ウインドウ

【書類名】 図面

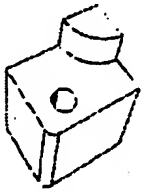
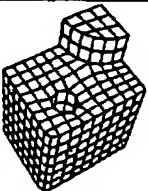
【図1】



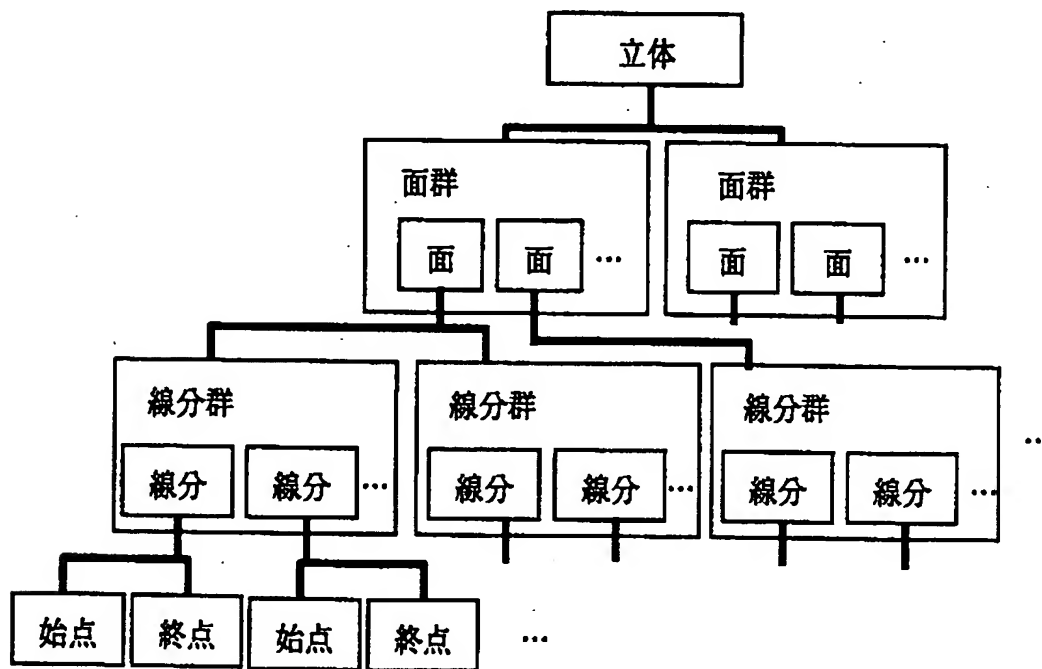
【図 2】



【図 3】

番号	解析モデル情報	形状モデル	解析モデル		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル名称</li> <li>・モデル分類</li> <li>・解析分野</li> </ul>		解析メッシュ	メッシュ作成条件	解析条件
				<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素タイプ</li> <li>・要素サイズ</li> <li>・粗密情報</li> <li>・分割数</li> <li>・割り当て方向</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材料条件</li> <li>・荷重条件</li> <li>・拘束条件</li> <li>・幾何条件</li> </ul>

【図 4】



【図 5】

(a) 節点データの例

総節点数	2 0		
節点番号	x 座標値	y 座標値	z 座標値
1	0.0	0.0	0.0
2	5.0	0.0	0.0
3	0.0		

(b) 要素データの例

総要素数	2 0	
要素番号	節点数	要素構成節点番号
1	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
2	8	2, 9, 10, 3, 6, 11, 12, 7
3	8	

【図 6】

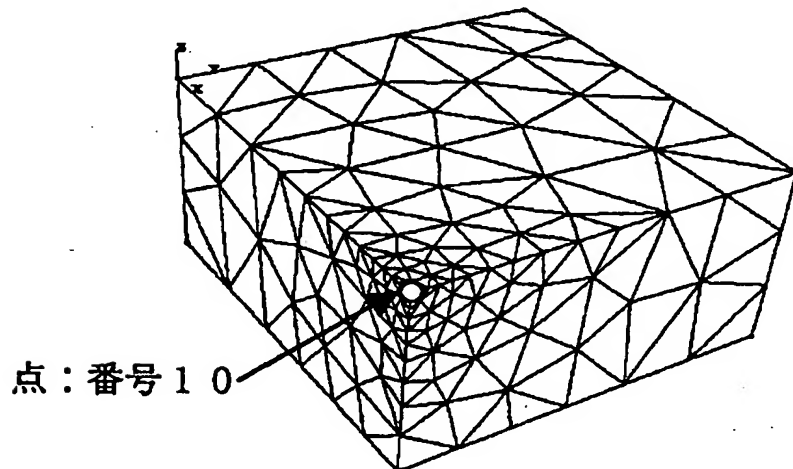
解析対象 形状要素番号	種類	要素タイプ	要素サイズ
1	立体	六面体	3.0
3	面	四角形	2.5

【図7】

(a) データ構造の例

形状要素番号	種類	ローカル 要素サイズ	要素サイズ変化率
10	点	0.2	1.3

(b) 四面体メッシュの生成例 (粗密あり)



【図8】

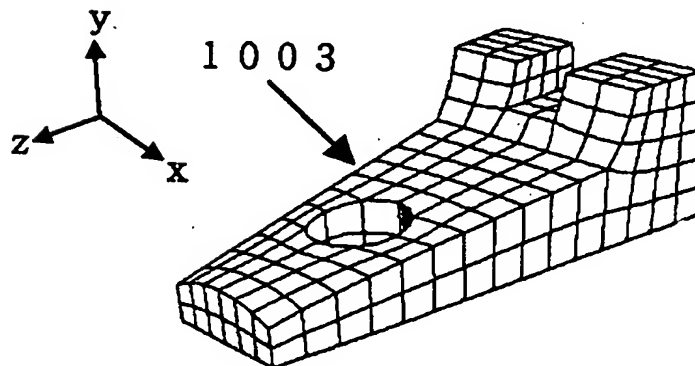
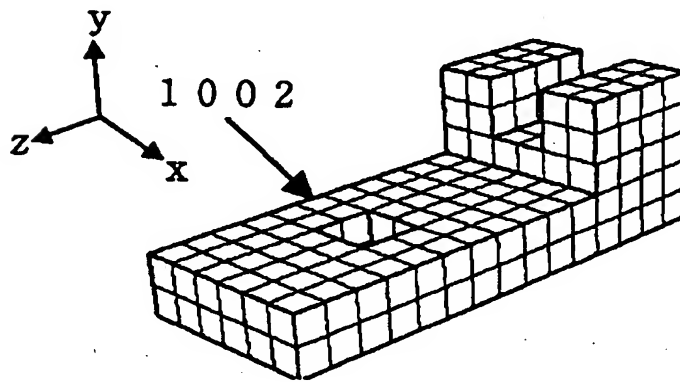
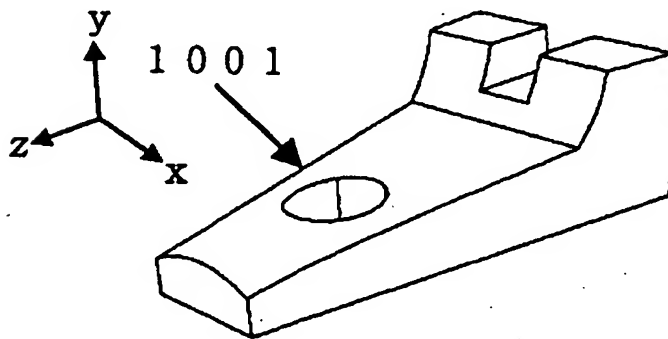
稜線番号	分割数
1	6
3	2



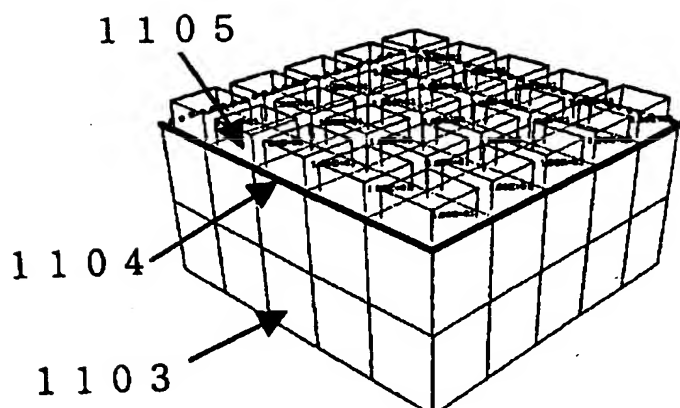
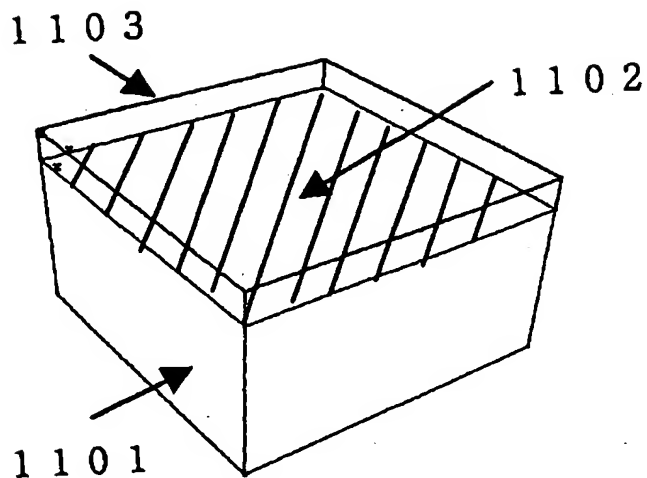
【図 9】

稜線番号	割り当て方向
1	+ x
3	- z

【図 1 0】



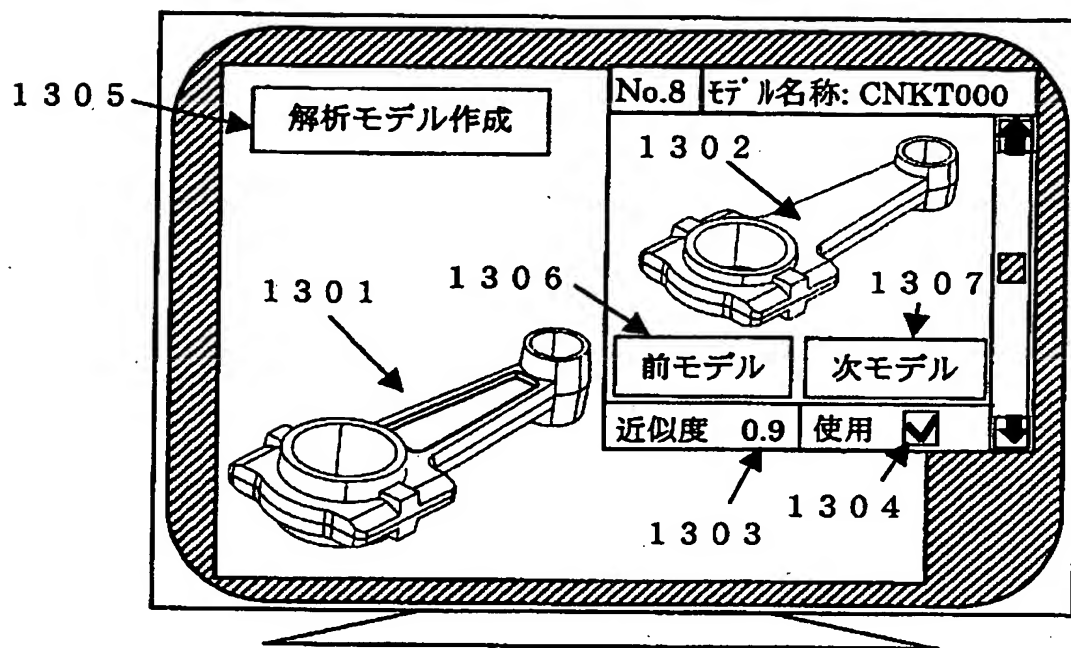
【図11】



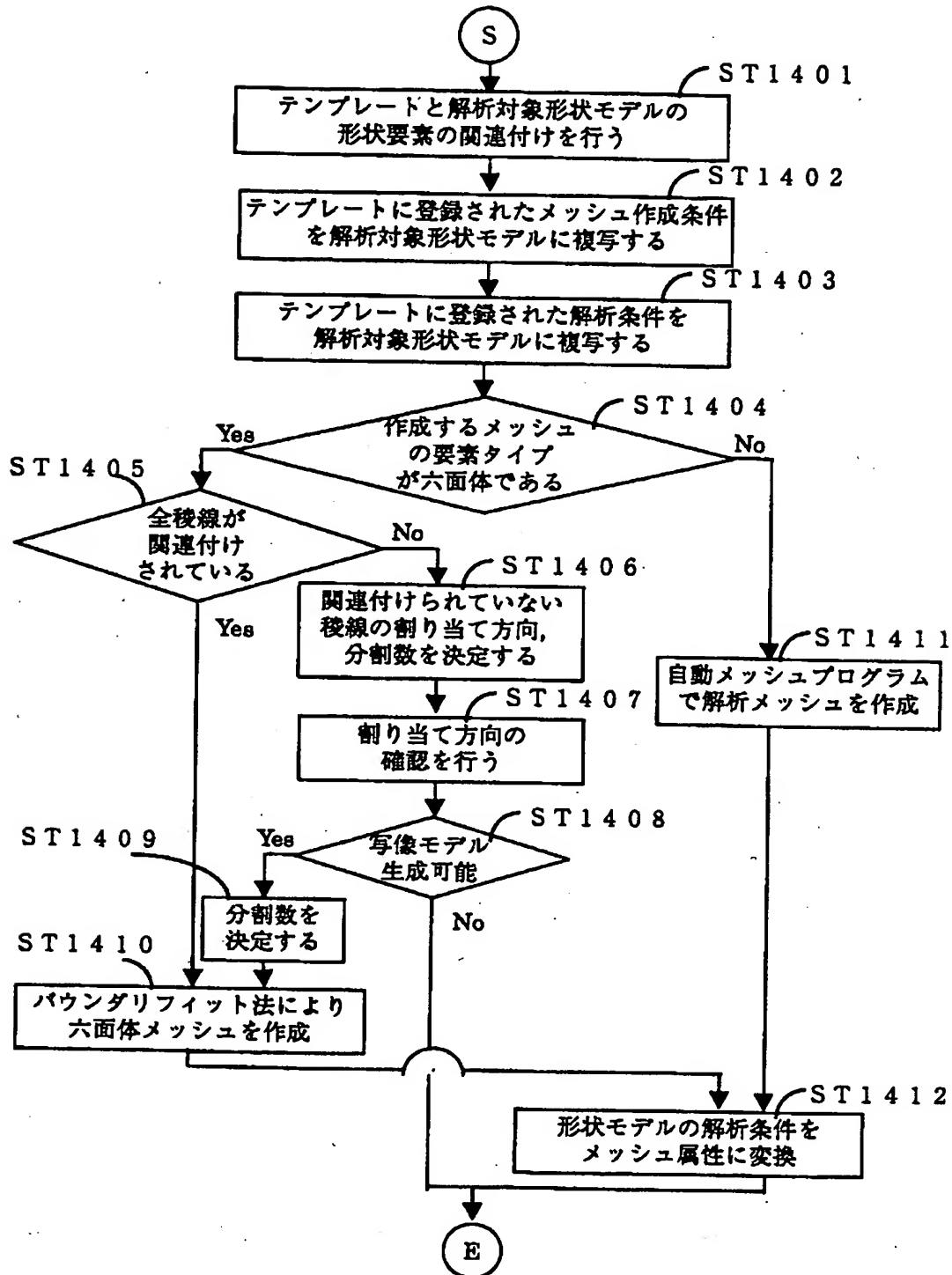
【図12】

モデル名称	CNT001	1201
モデル分類	コネクションロッド	1202
解析分野	応力解析	1203
1204	PREVIEW	
1205	EXECUTE	
	近似度しきい値	0.7
		1206

【図 1 3】

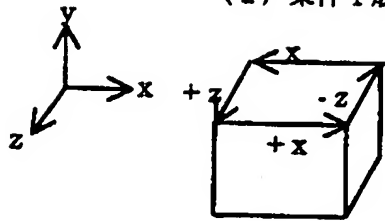


【図14】

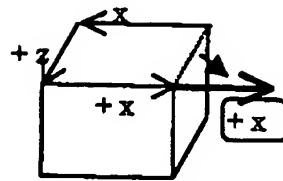


【图 15】

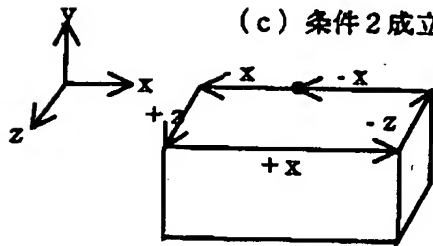
(a) 条件 1 成立



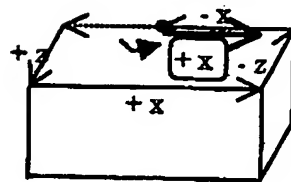
(b) 条件 1 不成立



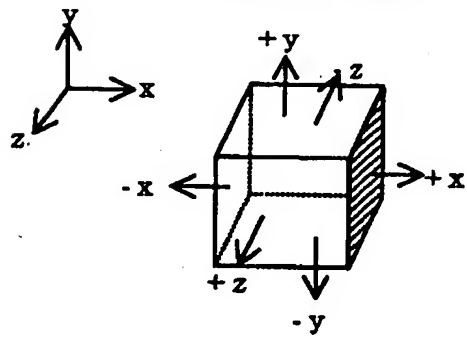
(c) 条件 2 成立



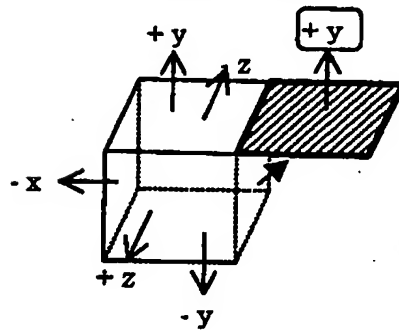
(d) 条件 2 不成立



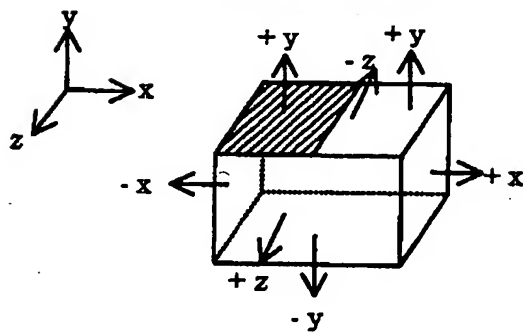
(e) 条件 3 成立



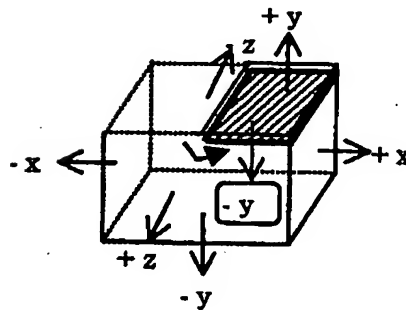
(f) 条件 3 不成立



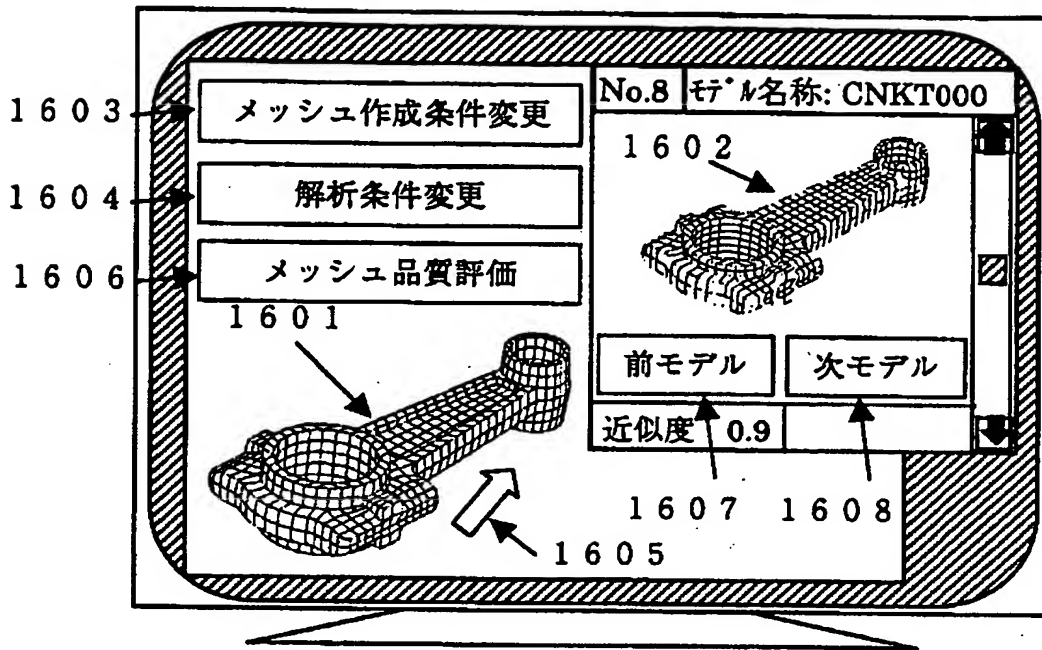
(g) 条件 4 成立



(h) 条件 4 不成立



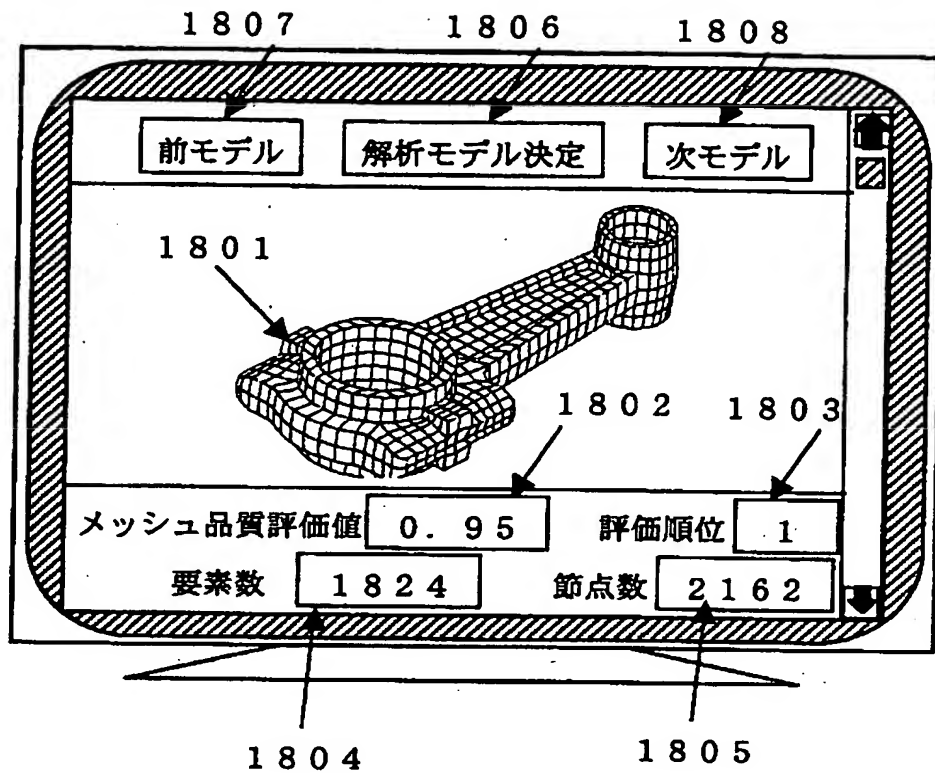
【図 16】



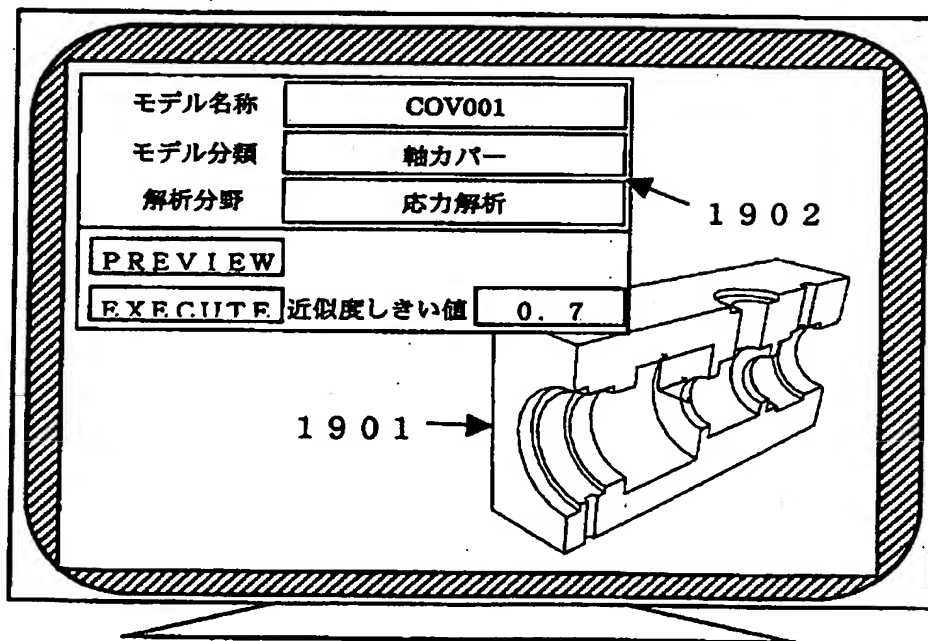
【図 17】

解析分野	モデル分類	ディストーションしきい値	ストレッチしきい値	要素辺角度しきい値	要素面反りしきい値
デフォルト	デフォルト	0.2	NO_USE	NO_USE	NO_USE
応力解析	コネクションロッド	0.2	0.2	160.0	NO_USE
振動解析	エンジンブロック	0.1	NO_USE	175.0	NO_USE
応力解析	デフォルト	0.2	NO_USE	NO_USE	NO_USE
応力解析	軸カバー	0.3	NO_USE	150.0	NO_USE

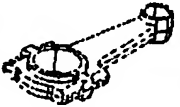

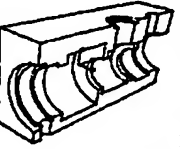
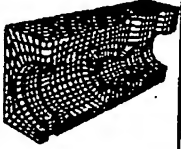
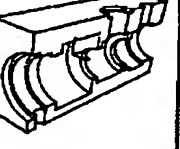
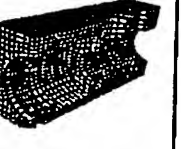
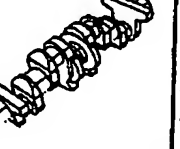

【図18】



【図19】

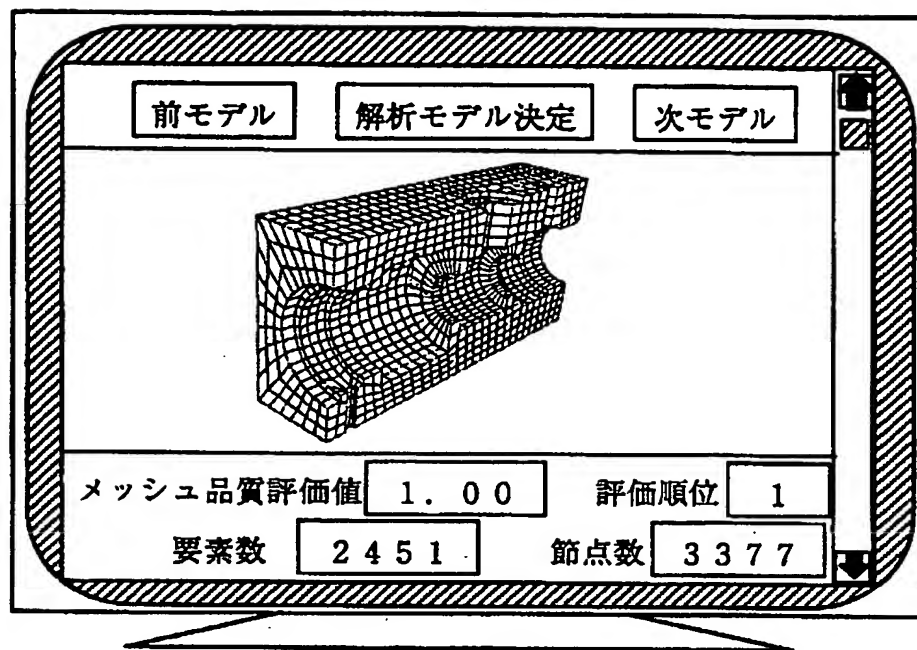


【図 20】

番号	解析モデル情報	形状モデル	解析モデル		
			解析メッシュ	メッシュ作成条件	解析条件
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル名称 CNKT001</li> <li>・モデル分類 コネクションロッド</li> <li>・解析分野 応力解析</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素タイプ 六面体</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル名称 COV001</li> <li>・モデル分類 軸カバー</li> <li>・解析分野 応力解析</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素タイプ 六面体</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル名称 COV001</li> <li>・モデル分類 軸カバー</li> <li>・解析分野 振動解析</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素タイプ 六面体</li> </ul>	
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル名称 CRA001</li> <li>・モデル分類 クランクシャフト</li> <li>・解析分野 応力解析</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・要素タイプ 四面体</li> </ul>	



【図 2 1】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    既作成の複数のテンプレートから適切なテンプレートを選択して提示しユーザのテンプレート選択作業を省力化する解析モデル作成装置を提供する。

【解決手段】    解析対象形状モデルを入力する手段 1 0 2 と、少なくとも 1 つの既作成の形状モデルと前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルを対応付けて登録するデータベース 1 0 1 と、前記解析対象形状モデルと前記少なくとも 1 つの既作成の形状モデルとを照合する手段 1 0 3 と、照合結果に従い前記既作成の形状モデルに対して作成された解析モデルの作成情報を利用して前記解析対象形状モデルに対応する少なくとも 1 つの解析モデルを作成する解析モデル作成手段 1 0 4 と、作成された少なくとも 1 つの解析対象形状モデルに対応する解析モデルのメッシュ品質の評価値を計算するメッシュ品質評価手段 1 0 6 とからなる解析モデル作成装置。

【選択図】            図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所